

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-243020
(P2003-243020A)

(43) 公開日 平成15年8月29日 (2003.8.29)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース (参考)
H 0 1 M 8/06		H 0 1 M 8/06	S 5 H 0 2 7
8/04		8/04	J

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-38072(P2002-38072)

(22) 出願日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 ▲たか▼橋 直樹

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

(74) 代理人 100075513

弁理士 後藤 政喜 (外1名)

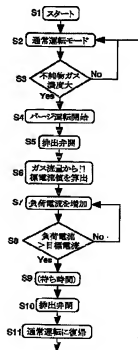
Fターム(参考) 5107 AA02 BA19 KK25 KK31 MM28

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】不純ガスをシステム系内から外部に排出するときに、システム構成を複雑化することなく、水素の排出をできるだけ減じることを可能とする。

【解決手段】含水素ガスと、含酸素ガスとの供給に基づいて発電する燃料電池1システムにおいて、燃料電池1のアノード側の排ガスを選択的に系外に排出する弁手段4と、アノードガス中の不純ガスが許容値に達したときには、不純ガスををバージするために、燃料電池1の発電を継続しながらアノード側の排ガスを系外に排出させる制御手段11を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 アノードに供給される水素ガスあるいは水素含有ガスと、カソードに供給される酸素ガスあるいは酸素含有ガスとを電気化学反応させて発電する燃料電池システムにおいて、

アノード側の排ガスを選択的に系外に排出する弁手段と、

アノードガス中の不純ガスをバージするときに、燃料電池の発電を継続しながらアノード側の排ガスを系外に排出させる制御手段とを備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項2】 前記弁手段は、アノード側の排ガスをアノードガス供給系に循環させる系路と、系外に排出させる系路とを選択的に切り替える請求項1に記載の燃料電池システム。

【請求項3】 前記弁手段は、アノード側の排ガスを遮断する系路と、系外に排出させる系路とを選択的に切り替える請求項1に記載の燃料電池システム。

【請求項4】 水素分離装置により分離した水素ガスを前記アノードガスとして供給する請求項1〜3のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項5】 前記制御手段は、アノードガスに含まれる不純ガスの濃度が許容値を越えたことを判定したら前記バージを行う請求項1〜4のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項6】 前記不純ガスの濃度の判定は、燃料電池の発電特性を基準値と比較して行う請求項5に記載の燃料電池システム。

【請求項7】 前記制御手段は、前記バージ発電時の負荷電流値が、アノードガス中の水素が消費される電流値またはそれ以上の電流値となるように制御する請求項1〜6のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項8】 水素が消費される電流値は、アノードに流入する水素流量に基づいて算出される請求項7に記載の燃料電池システム。

【請求項9】 前記制御手段は、前記バージ発電時の負荷電流値を、燃料電池セルの拡散過電圧による電圧降下が顕著となる領域の電流値にまで増大させるように制御する請求項1〜6のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項10】 前記制御手段は、前記バージ発電時の負荷電流値を、燃料電池セルの電圧が所定の低電圧となる領域の電流値にまで増大させるように制御する請求項1〜6のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項11】 前記制御手段は、前記バージ発電時に、燃料電池の正極と負極とを電気的に短絡させる請求項1〜6のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項12】 前記制御手段は、前記バージ時にアノード側の系路内に残存する水素ガス量を算出し、算出された水素ガス量を消費するために燃料電池から取

り出さねばならない電荷量を算出し、バージ時の負荷電流の積分値が上記電荷量と一致するまで前記バージ発電を行う請求項1〜6のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項13】 前記弁手段の切り替えにより系外に排出される排ガスは燃料電池のカソード側に供給される酸素ガスに混入される請求項1〜12のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項14】 前記アノードの上流側に第2の弁手段を設け、この第2の弁手段より前記バージ時にアノードガスの供給量を減少または供給を停止する請求項1〜13のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は燃料電池システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 炭化水素系燃料を改質して水素リッチガスを生成し、この水素と酸素との電気化学反応により発電を行う燃料電池システムがある。特開2001-23673号公報によれば、このような燃料電池システムにおいて、水素透過膜を用いた水素分離装置により水素を分離してアノードガスとして燃料電池に供給している。このような燃料電池システムでは、燃料消費率を向上させる目的から、燃料電池より排出される未反応のアノードガスは再び燃料電池の反応ガスとして用いるべく、燃料電池の上流に循環させるように構成できる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが実際の水素分離膜には、製法上ピンホールを生じることが避け難く、水素分子よりも大きな一酸化炭素、メタン、二酸化炭素など不純ガスの一部を透過してしまうという問題がある。燃料電池から排出される未反応のアノードガスを循環させる場合、燃料電池では水素だけが消費され、供給ガス中に混在していた不純ガスは循環系内に蓄積されることになるので、燃料電池の運転時間が増えるほど循環系内の不純ガス濃度は増大する。不純ガス濃度の増大はアノードガス中の水素分圧を低下させ、燃料電池の発電効率を悪化させるだけでなく、不純ガスに一酸化炭素が含まれる場合には、一酸化炭素が電極上の触媒と結合（被毒）する確率を高め、水素のイオン化反応を阻害して燃料電池の性能に顕著な悪影響を与えることにもなりかねない。

【0004】 これらの問題は改質ガスを生成して供給する燃料電池システムに限ったことではなく、タンクに貯蔵された水素ガスを供給する燃料電池システムにおいても、工業的に100%の純度をもった水素を生産することが不可能であることから生じる問題である。さらに不純ガスの濃度増大の原因は、不純ガスがアノードガスに混ざって流入することにあるだけでなく、微量ではあ

るもののカソードガス成分が電解質膜を通してアノードに流入することが原因となることもあり、不活性ガスの窒素が蓄積することがある。またガスを加温したことにより存在する水蒸気も水素分圧を低下させることになる。

【0005】これらの不純ガスを大気開放してバージする場合、多量の水素と一緒に排出されることになるため燃費が悪化するとともに、可燃ガスである水素を例えば燃焼させる等して不燃化処理するために追加的な設備を必要としていた。

【0006】本発明はこのような問題を解決するために提案されたもので、不純ガスをシステム系内から外部に排出するときに、システム構成を複雑化することなく、かつ水素の排出をできるだけ減じることを可能とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、アノードに供給される水素ガスあるいは酸素含有ガスと、カソードに供給される酸素ガスあるいは酸素含有ガスを電気化学反応させて発電する燃料電池システムにおいて、アノード側の排ガスを選択的に系外に排出する弁手段と、アノードガス中の不純ガスをバージするときに、燃料電池の発電を継続しながらアノード側の排ガスを系外に排出させる制御手段とを備えることを特徴とする。

【0008】第2の発明は、第1の発明において、前記弁手段は、アノード側の排ガスをアノードガス供給系に循環させる系路と、系外に排出させる系路とに選択的に切り替える。

【0009】第3の発明は、第1の発明において、前記弁手段は、アノード側の排ガスを遮断する系路と、系外に排出させる系路とに選択的に切り替える。

【0010】第4の発明は、第1から第3の発明において、水素分離装置により分離された水素ガスを前記アノードガスとして供給する。

【0011】第5の発明は、第1から第4の発明において、前記制御手段は、アノードガスに含まれる不純ガスの濃度が許容値を越えたことを判定したら前記バージを行う。

【0012】第6の発明は、第5の発明において、前記不純ガスの濃度の判定は、燃料電池の発電特性を基準値と比較して行う。

【0013】第7の発明は、第1から第6の発明において、前記制御手段は、前記バージ発電時の負荷電流値が、アノードガス中の水素が消費される電流値またはそれ以上の電流値となるように制御する。

【0014】第8の発明は、第7の発明において、水素が消費される電流値は、アノードに流入する水素流量に基づいて算出される。

【0015】第9の発明は、第1から第6の発明において、前記制御手段は、前記バージ発電時の負荷電流値

を、燃料電池セルの拡散過電圧による電圧降下が顕著となる領域の電流値にまで増大させるように制御する。

【0016】第10の発明は、第1から第6の発明において、前記制御手段は、前記バージ発電時の負荷電流値を、燃料電池セルの電圧が所定の低電圧となる領域の電流値にまで増大させるように制御する。

【0017】第11の発明は、第1から第6の発明において、前記制御手段は、前記バージ発電時に、燃料電池の正極と負極とを電気的に短絡させる。

【0018】第12の発明は、第1から第6の発明において、前記制御手段は、前記バージ時にアノード側の系路内に残存する水素ガス量を算出し、算出された水素ガス量を消費するために燃料電池から取り出さねばならない電荷量を算出し、バージ時の負荷電流の積分値が上記電荷量と一致するまで前記バージ発電を行う。

【0019】第13の発明は、第1から第12の発明において、前記弁手段の切り替えにより系外に排出される排ガスは燃料電池のカソード側に供給される酸素ガスに混入される。

【0020】第14の発明は、第1から第13の発明において、前記アノードの上流側に第2の弁手段を設け、この第2の弁手段より前記バージ時にアノードガスの供給量を減少または供給を停止する。

【0021】

【作用・効果】第1から第4の発明によれば、アノードガス中の不純ガス、たとえば一酸化炭素、二酸化炭素、メタンなどを排除するバージ時には、水素ガスが発電反応により消費されるため、排ガス中に水素がほとんど含まれず、水素を除去するためのシステムを簡略化でき、また、水素を発電反応により処理するので、燃料の無駄がなく、燃費効率が高められる。

【0022】第5、第6の発明によれば、不純ガスの濃度を的確に判断し、バージ処理を行うので、常に良好な発電効率を維持することができる。

【0023】第7、第8の発明によれば、バージ発電により、アノードガス中に含まれる水素の全量または大部分を消費することができ、外部に排出される水素量をそれだけ減らすことができる。

【0024】第9、第10の発明によれば、バージ発電時の負荷電流を燃料電池のセル電圧に基づいて適切に設定し、水素を確実に発電反応によって消費し、外部に排出される水素量を確実に減らすことができる。

【0025】第11の発明によれば、バージ発電時の負荷電流値を簡単な構成によって増大させることが可能で、水素を発電反応により的確に消費できる。

【0026】第12の発明によれば、バージ発電時に、アノードガス中に含まれる水素の全量または大部分をほぼ確実に消費することが可能で、また、水素が無いのに電流を取り出すことによる燃料電池の損傷も確実に防止できる。

【0027】第13の発明によれば、アノード側の排ガスをカソード側に循環させて反応させるので、不純ガスを確実に無害化してから排出することも可能となる。

【0028】第14の発明によれば、バージ発電時の水素ガスの供給量を減らすことにより、バージに必要な発電反応のみを行うことができる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基いて説明する。

【0030】図1において、1は燃料電池であり、通常は複数のセルが積層されて構成されるスタックであるが、図では模式的に、水素が供給されるアノード1a、酸素が供給されるカソード1c、及びこれらの間に配置される電解質1bのみが示されている。

【0031】アノード1aに供給する水素ガスを生成するために改質器2が備えられ、含水素化合物（たとえばエタノール、ガソリンなどの炭化水素燃料）を水素リッチな改質ガスに改質する。改質器2の下流には改質ガスから水素のみを取り出すための水素分離装置3が配置される。

【0032】水素分離装置3は上流室3aと下流室3bとが水素透過膜3cで隔てられ、水素ガスのみを水素透過膜3cを通して下流室3bに流入させる。水素透過膜3cは、たとえばパラジウムの薄膜で構成され、水素分子をいったんプロトンにイオン化して透過させるか、あるいは他の気体分子よりも小さい水素分子のみをふるいのように分離して透過させるメカニズムであり、理想的には純水素のみが下流室3bに流入するはずである。しかし、実際の水素透過膜は製造時にピンホールが発生しやすく、このピンホールを通して微量ではあるが、一酸化炭素、二酸化炭素、メタンなどの不純ガスも下流室3bに流入する。

【0033】水素分離装置3の上流室3aの水素濃度の低下したガスは、図示しないが、廃熱を回収したり、改質器2を加熱するための燃料として用いられたのち、燃料電池システムの外部に排出される。

【0034】また、水素分離装置3の下流室3bの高濃度の水素ガスは、燃料電池1のアノード1aに供給され、カソード1bに供給される含酸素ガス（主に空気）と反応して発電を行う。アノード側に供給された高濃度の水素ガスは発電反応により全部が消費されるわけではなく、余剰のガスとして排出される。

【0035】この余剰の水素ガスを再度燃料電池1に供給するために、アノード1aの出口側には三方弁4が配置され、排ガスを循環通路5を介してアノード1aの入口側、この例では水素分離装置3の下流室3bに導く。

【0036】また、三方弁4は水素ガス中の不純ガスである一酸化炭素、二酸化炭素、メタンなどの濃度が許容値を超えたときには、後述するコントローラ10からの

信号により切り替わり、排ガスを排気通路6に導く。このとき、排ガス中に含まれる水素ガスを極力減らすために、コントローラ10により燃料電池1の負荷電流が増加され、水素ガスのほとんどを発電のために消費する。

【0037】また、前記改質器2と水素分離装置3との間には改質ガスの流量を制御する流量調整弁7が設けられ、これについてもコントローラ10が制御を行うようになっている。

【0038】燃料電池システムの通常運転時には、燃料電池1は水素分離装置3から供給される高濃度水素ガスにより発電が行われる。燃料電池1のアノード1aから排出される余剰の水素ガスを含む排ガスは、三方弁4により循環通路5に導かれ、再び燃料電池1のアノード1aに循環される。

【0039】水素分離装置3により分離された水素ガスには微量の一酸化炭素、二酸化炭素、メタンなどの不純ガスを含み、アノード側で発電反応により消費される成分は水素ガスのみであるため、循環ガス中に含まれる不純ガスの濃度は運転時間の経過に伴い高くなっていく。

【0040】アノード側のガス全圧が、ある所定値を越えないという条件で発電を行うとして、不純ガスの濃度が高まるにつれて水素ガスの分圧が低下し、燃料電池1の発電効率が低下する。また、不純ガスのうち一酸化炭素はアノード1aの電極触媒を被毒させるため、これによっても発電効率の低下を招く。

【0041】この燃料電池の性能低下の現象を、図2に示す。燃料電池性能の代表的なグラフであるI-V特性曲線により説明する。

【0042】図の横軸には燃料電池の負荷電流を反応面の面積で割った電流密度を、縦軸にはセル電圧（1セル）をとり、全負荷運転状態のときのこれらの値をI-Vカーブ（特性曲線）として示す。なお、このI-Vカーブは運転温度、圧力により若干異なった値とする。

【0043】ここで、W1は純粋な水素ガスが供給されているときの初期状態の燃料電池特性であり、運転時間の経過に伴い、不純ガスの濃度が高くなるに従って燃料電池性能は低下し、これらを順次、W2、W3、W4として示す。

【0044】なお、セル電圧は電流密度がゼロのときに最大となり、電流密度が高くなるにつれて低下し、とくに電流密度が高い領域において電圧の降下が顕著となる。これは電極表面への反応ガスの供給が追いつかず、電極表面の反応ガス分圧が低下することによるもので、拡散過電圧による電圧低下と称される。

【0045】このように運転時間の経過とともに低下した燃料電池1の性能を回復するために、コントローラ10により三方弁4は排気通路6側に切り替えて、水素ガス中の不純ガスを外部に排除するバージを行う。ただし、このときに水素ガスと一緒に外部に排出されるのを防ぐ

ために、コントローラ10は三方弁4を切り替えている間は、燃料電池1の負荷電流を高い値に維持して、アノード1aに供給される水素ガスのほとんどが発電のために消費されてしまうようにする。

【0046】コントローラ10で実行されるこの不純ガスのバージ制御について図3のフローチャートにしたがって説明する。

【0047】まず、ステップS2において、燃料電池システムが運転を開始し、通常運転モードに入る。この状態では三方弁4は循環通路5に排ガスを導き、アノード側に循環させる。ステップS3ではアノード側に供給される水素ガス中に含まれる不純ガスの濃度が許容値内かどうか判断し、許容範囲内ならば通常運転モードを維持する。

【0048】不純ガス濃度の判定ロジックとしては、たとえば燃料電池1の電流値と電圧値とを監視し、図2のI-Vカーブと比較し、ある電流密度におけるセル電圧が、許容値である、たとえばW4の特性値よりも高いときは、不純ガス濃度は許容範囲内と判定する。

【0049】セル電圧が低下し、ステップS3で不純ガス濃度が許容値よりも高いと判定されたときは、ステップS4に進んでバージ運転モードに入る。

【0050】バージ運転モードに移行すると、まずステップS5で三方弁4を排気通路6側に切り替え、アノード1aからの排ガスを排気通路6へと導く。次いで、排ガス中の水素濃度を減少させるために、燃料電池1の負荷電流を上げて水素消費量を増やすのであるが、このためには、まずステップS6で目標とする電流値を算出するが、この目標電流値はたとえば、アノード側に流入する水素ガス量に基づいて決められる。

【0051】改質器2から水素分離装置3を経由してアノード1aに供給される水素ガスのモル流量を n (mol/s)とすると、このとき流入するすべての水素を燃料電池で消費するために必要な負荷電流値は、理論上、 $2nF$ (A)と計算される。ここで、 F はファラデー定数である。

【0052】ステップS7で負荷電流を所定値だけ増加し、ステップS8で負荷電流を目標電流値と比較しながら、目標値と一致するまで負荷電流を増やす。電流値が目標値に達したならば、ステップS9で予め設定した待ち時間を発生させ、その状態を維持したまま、この待ち時間内に不純ガスを含む排ガスを三方弁4から排気通路6へと排出する。

【0053】このようにすると、バージ運転時に燃料電池1より排気通路6に排出されるガスは、水素ガスがほとんど消費された、不純ガスを主体とする排ガスとなり、このため特別な燃焼器などを設けなくてもよく、あるいは簡略化することが可能となる。また、水素ガスは発電反応に用いられるので、無駄に外部に捨てたり、あるいは焼却処理したりするの比較して燃料の消費効率

もよい。

【0054】ところで、上記バージ制御にあつては、流量調整弁7の開度をそのままにしているので、バージ運転時に通常運転時と同等のガス量が燃料電池1に流れ、この慣性力により不純ガスが排出される。ただし、水素を消費するために負荷電流として大電流を取り出す必要があるが、電気回路の耐電流値を低く抑えたいときは、バージ運転のときに流量調整弁7の開度を絞り、燃料電池1に供給されるガス量を減らすこともできる。

【0055】この場合には、バージ運転に移行したら、ステップS5で三方弁4を切り替えると共に、流量調整弁7の開度を絞り込む。そして、このときのガス流量に応じて目標電流値を決めればよい。この場合、目標とする電流値がガス流量を絞る前よりも低くなることもありうるが、バージ運転時の目標電流値はあくまでも水素ガスを消費するために必要な電流値であり、バージ直前の運転時に比較して電流値が低くなったとしても、本発明の主旨とは矛盾しない。

【0056】なお、流量調整弁7はアノード1aの上流側であれば、改質器2と水素分離装置3との間ではなく、他の部位に配置することもできる。

【0057】次に図4によって第2の実施形態を説明する。この例では、バージ運転での目標電流値の設定の方法のみが前記第1の実施形態と異なる。

【0058】ステップS6aで目標電流値を決めるのに、ガス流量から電流値を算出するのではなく、電池性能に基づいて予めROMに設定された値を読み込んで電流値を算出している。

【0059】この予め設定された目標電流値は、燃料電池セルの拡散過電圧の傾向に基づいて決められる。図2のI-Vカーブにおいて拡散過電圧によってセル電圧が急激に低下する領域は、反応ガスが電極面に十分に供給されていない状態であり、換言すると、反応ガスがほとんど消費されつつしている状態である。したがってこの拡散過電圧による電圧降下が顕著となる領域でバージ運転時の電流値を高めれば、所望の水素消費効果が得られる。

【0060】このために、不純ガス濃度が許容値まで増大したときの、図2のI-VカーブにおいてW4として示す特性を基準にして、拡散過電圧の効果が大きくなる領域の電流値C1を目標電流値としている。

【0061】ただし、上記したように、流量調整弁7により水素ガスの供給量を低下させるときは、拡散過電圧が顕著となる領域は低電流密度側にシフトし、W4'となり、この場合には、そのときの電流値C2が目標電流値となる。

【0062】この実施の形態ではバージ運転時の目標電流値は予め実験的にI-V特性を測定した結果に基づいて設定しているが、運転時にリアルタイムに設定することも可能である。このときは、高電流密度側まで負荷

電流を増大させたときのセル電圧の傾向（すなわち I-V 特性）をメモリに随時設定しておき、この記憶された特性に基づいて同様に目標電流値を算出すればよい。

【0063】図5に第3の実施形態を示す。

【0064】この実施形態もバージ運転時の目標電流値の設定の方法のみが上記と異なるものであり、セル電圧を監視しながら電流値をフィードバック制御している。

【0065】ステップS5までは第1、第2の実施形態と同じであり、ステップS6b1で負荷電流を所定値だけ増加させ、ステップS6b2でセル電圧を予め設定した値である、たとえば0.5Vと比較し、セル電圧が設定値よりも高ければ、それ以下になるまで負荷電流を所定値だけ増やす動作を繰り返す。

【0066】セル電圧は、燃料電池1のアノード1aに流入した水素がほとんど消費され、拡散過電圧による電圧降下が発生したときのセル電圧値であり、この実施形態では典型的な燃料電池の特性に基づき0.5Vとしてある。もちろんこの電圧値は燃料電池の特性に対応して任意に設定される。

【0067】図6、図7により第4の実施形態を説明する。

【0068】図6は基本的には図1と同じであるが、模式的に図示された燃料電池1は、他のセル積層部として、1d、1eが、さらに電流を取り出すための金属端子20a、20bが示されている。

【0069】金属端子20a、20bと回路21を介して電気負荷22が接続され、さらにこの電気負荷22と並列に短絡回路23が接続され、この短絡回路23にはスイッチ24が介装される。電気負荷は車両用の燃料電池システムにおいては、走行用モータを制御するインバータであり、バッテリーの充電器であり、あるいはそれらやその他の補機を制御するためのパワーマネージャを含めたシステム式であったりする。

【0070】そして、本実施形態では、バージ運転時にスイッチ24を開成することにより、負荷電流値を一時的に増大させるようになっている。

【0071】図7に示すように、ステップS5までは既に述べた他の実施形態と同じであるが、ステップS6cにおいて、スイッチ24を閉じることにより、負荷電流を増加させ、それにより燃料電池1での水素の消費量を増やし、排ガス中にほとんど水素が含まれることのないようにする。

【0072】なお、ステップS7では、待ち時間を設定しているが、水素が消費されて燃料電池のセル電圧が十分に低下し、電流値も低下するのを検出してから次のステップ進むようにしている。

【0073】なお、スイッチ24を閉じることにより流れる電流値が大きくなり過ぎ、電気回路や燃料電池の不具合が懸念される場合には、スイッチ24と直列に抵抗

を挿入して電流値を抑制することもできる。

【0074】次に図8に示す第5の実施形態を説明する。

【0075】基本的には上記各実施形態と同じ構成であるが、三方弁4の下流の排気通路6を外部に接続するのではなく、燃料電池1のカソード1cに空気を供給する通路31にエジェクタ32を介して接続する。これによりバージ運転時の排ガスをエジェクタ32を利用して空气中に還流し、カソード1c側で酸化させる。

【0076】バージ運転時にアノード1aから排出するガス中の水素濃度は低いが、このように排ガスをカソード1c側に循環し、空気と混合しながら酸化することで不燃状態で外部に排出させることができる。

【0077】このための制御について図9によって説明する。

【0078】ステップS24でバージ運転モードに入ったら、ステップS25で流量調整弁7を閉じ、アノード1aへのガスの供給を停止する。

【0079】ステップS26でアノードガス循環系路内に残存する水素ガスのモル量を算出する。残存水素ガスのモル量は、既知のアノードガス循環系の容積（水素分隔壁3の下流室3b、燃料電池1のアノード1a、循環通路5、その他の配管などの容積合計）と、水素分圧との積で求められる。ここで水素分圧は直前の燃料電池の運転状態におけるセル電圧、アノードガス循環系の圧力（全圧）から推定可能である。

【0080】ステップS27でバージ運転時にとりだせる目標電荷量を算出する。この目標電荷量は、ステップS26で求めた残存水素ガスのモル量にファラデー定数乗じることで求められる。

【0081】次にステップS28で燃料電池の負荷電流値を決定するが、これは予めバージ運転時の目標電流の時刻暦データを記憶させておくものとし、これを積算から読み出す。ステップS29では電流値の時間積分を開始し、さらにステップS30で負荷電流値をマップに指定された値に切り換える。

【0082】そして、ステップS31で設定した所定の待ち時間を経過したら、ステップS32で電流値の積分値とステップS27で求めた目標電荷量を比較し、電流積分値の方が低ければ、ステップS30に戻る。ステップS30からステップS32を繰り返すことにより、バージ運転中に目標電荷量と同じだけの電荷が負荷電流によって取り出されるまで、予め指定された時刻暦マップ通りの負荷電流値を制御する状態を継続する。

【0083】ステップS32で所定の電荷量だけ放電が完了したと判断されると、ステップS33で三方弁4を排気通路6側に切り替え、かつ所定の待ち時間を設定し、アノード側の排ガスをエジェクタ32を介してカソード側の空気に混入する。このとき、ステップS32までの放電制御によりアノードガス中に残存していた水素

は、ほぼ100%消費されており、アノード1aからの排ガスはほとんどが酸化炭素、二酸化炭素、メタンなどの不純ガスだけとなる。そして、不純ガスのうちの酸化炭素、メタンなどはカソード側で空気と混合され、酸化することにより無害なガスとしてカソード側の排気ラインから排出され、また仮にアノードガス中に水素が含まれていたとしても、カソード側で酸化されて不燃状態で排出される。

【0084】所定の待ち時間が経過したらステップS34で三方弁4を通常運転時の位置に切り替え、ステップS35で電流積分値をクリアし、ステップS36で通常運転に復帰させる。

【0085】本実施の形態では、バージ運転中もアノード上流から水素ガスを供給する場合は異なり、完全にアノードガスを遮断するので、アノードガスを大気に直接的に放出する場合には、排ガスの圧力に依存せざるを得ないが、イジェクタ32を利用して空気の供給量に応じた吸引力を作用させるので、残存排ガスを確実にカソード側へ導入することができる。

【0086】なお、電流値を積分して目標電荷量と比較することでバージ運転時の水素の完全消費を判定しているが、第1の実施の形態と同じように負荷電流を設定するシステムにも適用できることは言うまでもない。

【0087】次に上記の各実施形態では、改質器2により生成した改質ガスを燃料電池に供給するシステムであるが、タンクに貯蔵した純水素を直接的に燃料電池に供給するシステムについても本発明を適用することはできる。

【0088】純水素ガスを供給する場合でも、電解質膜を透過してカソード側の反応ガスである空気中の窒素などが微量づつではあるが、アノード側に移動することにより、運転時間の経過と共に不純ガスの濃度が高まり、同じような問題が生じる。

【0089】図10に示す純水素ガスを直接的に燃料電池に供給する場合の第6の実施形態を説明する。

【0090】水素タンク41に貯蔵された水素ガスが圧力レギュレータ42で調圧され、流量調整弁7、エジェクタ43を介してアノード1aに供給される。燃料電池1のアノード側の排ガスは、三方弁4から循環通路5を経由してエジェクタ43に戻される。

【0091】そして、この場合にも、不純ガスの濃度が許容値を越えたならば、上記各実施形態と同じように、バージ運転モードに移行し、燃料電池の負荷電流をかけながら不純ガスのバージを行うのである。

【0092】また、図11に示す実施形態は、アノード側の排ガスの循環系統がなく、いわゆる行き止まりの系路が構成されているものである。

【0093】燃料電池1のアノード1aの出口側には開

閉弁44が設けられ、開閉弁44が閉じているときには、アノード排ガスは外部に放出されることはない。アノード1aでの水素ガスの利用率を100%とすることで、発電反応により常に供給された水素ガスの全部が消費されるように水素ガス供給量が制御されるようになっていく。

【0094】この場合にも、上記のとおりカソード側からアノード側へ漏れ出る不純ガスがあり、また水素タンク41から供給される水素ガスにも不純ガスが含まれる可能性が否定できないため、系内の不純ガス濃度が許容値に達したならば、バージ運転モードに移行し、このときには開閉弁44を開いて排ガスを外部に排出し、燃料電池の発電効率を回復させるのである。

【0095】本発明は上記の実施の形態に限定されず、その技術的な思想の範囲内において種々の変更がなされることは明白である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の概略構成図である。
【図2】燃料電池の代表的な性能曲線であるI-V特性図である。

【図3】第1の実施形態の制御動作を示すフローチャートである。

【図4】第2の実施形態の制御動作を示すフローチャートである。

【図5】第3の実施形態の制御動作を示すフローチャートである。

【図6】第4の実施形態の概略構成図である。

【図7】第4の実施形態の制御動作を示すフローチャートである。

【図8】第5の実施形態の概略構成図である。

【図9】第5の実施形態の制御動作を示すフローチャートである。

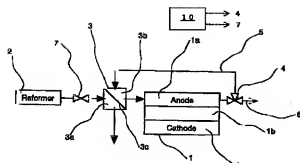
【図10】第6の実施形態の概略構成図である。

【図11】第7の実施形態の概略構成図である。

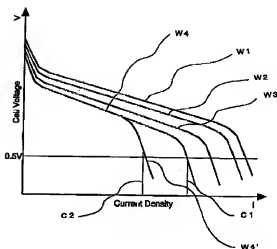
【符号の説明】

- 1 燃料電池
- 1a アノード
- 1c カソード
- 2 改質器
- 3 水素分離装置
- 3a 上流室
- 3b 下流室
- 3c 水素透過膜
- 4 三方弁
- 5 循環通路
- 6 排気通路
- 7 流量調整弁
- 10 コントローラ

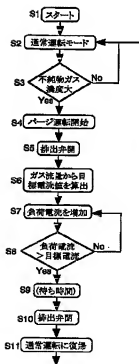
【図1】



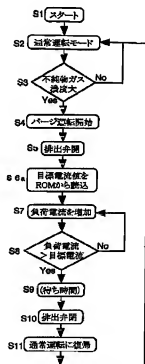
【図2】



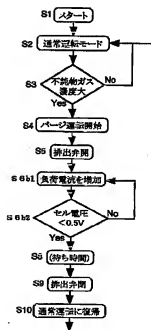
【図3】



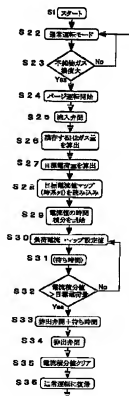
【図4】



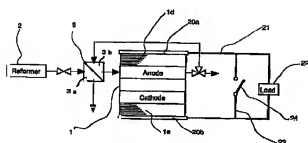
【図5】



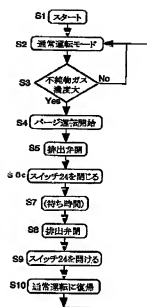
【図9】



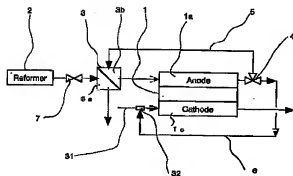
【図6】



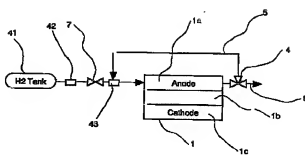
【図7】



【図8】



【図10】



【図11】

